

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 2000114822 A

(43) Date of publication of application: 21.04.00

(51) Int. Cl

H01P 3/16

H01P 5/02

H01P 5/18

(21) Application number: 10276194

(71) Applicant: KYOCERA CORP

(22) Date of filing: 29.09.98

(72) Inventor: KISHINO TETSUYA
OKAMURA TAKESHI

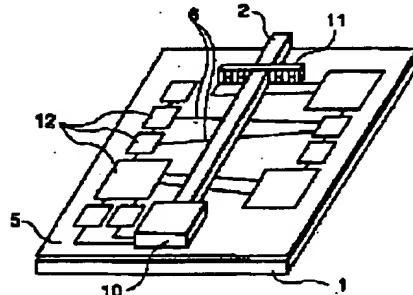
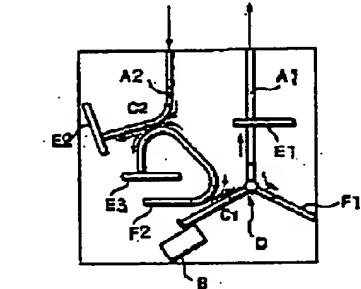
(54) DIELECTRIC LINE MODULE

COPYRIGHT: (C)2000,JPO

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an electromagnetic wave non-radiative dielectric line module for a wide frequency range enabling transmission with a small loss even when the conversion of LSM mode electromagnetic waves to an LSE mode is less and a dielectric line having the sharp curve part of a small curvature radius is provided.

SOLUTION: This module is composed of a pair of parallel plane conductors 1 and 1 arranged at an interval shorter than 1/2 of signal wavelength λ , dielectric lines 2 (A1 and A2) extended between these parallel plane conductors 1 and 1 and oscillator 10(B) for inputting signals to the dielectric lines 2 (A1 and A2). At the same time, the dielectric lines 2 (A1 and A2) are composed of ceramics with dielectric constant from 4.5. to 8.



(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-114822

(P2000-114822A)

(43)公開日 平成12年4月21日 (2000.4.21)

(51)Int.Cl.
H 01 P 3/16
5/02
5/18

識別記号

6 0 7

F I
H 01 P 3/16
5/02
5/18

テマコード*(参考)
5 J 0 1 4
6 0 7
Z

審査請求 未請求 請求項の数 6 O.L (全 19 頁)

(21)出願番号

特願平10-276194

(22)出願日

平成10年9月29日 (1998.9.29)

(71)出願人 000006633

京セラ株式会社

京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町6番地

(72)発明者 岸野 哲也

鹿児島県国分市山下町1番4号 京セラ株式会社総合研究所内

(72)発明者 岡村 健

鹿児島県国分市山下町1番4号 京セラ株式会社総合研究所内

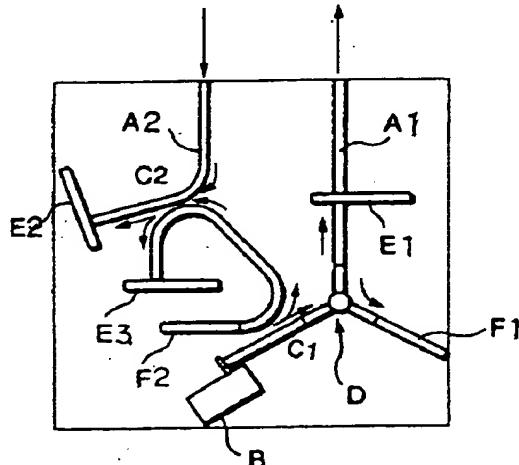
Fターム(参考) 5J014 HA06

(54)【発明の名称】 誘電体線路モジュール

(57)【要約】

【課題】 LSMモード電磁波のLSMモードへの変換が少なく、曲率半径が小さい急激な曲線部を有する誘電体線路を有している場合にも低損失での伝送可能な周波数幅が広い電磁波非放射性誘電体線路モジュールを提供する。

【解決手段】 信号波長 λ の $1/2$ 以下の間隔を置いて配置された一对の平行平板導体1、1と、これらの平行平板導体1、1の間に延びている誘電体線路2(A1、A2)と、該誘電体線路2(A1、A2)に信号を入力する発振器10(B)とからなるとともに、誘電体線路2(A1、A2)が、比誘電率4.5~8のセラミックスからなるである。



【特許請求の範囲】

【請求項1】信号波長入の1/2以下の間隔を置いて配置された一対の平行平板導体と、これらの平行平板導体の間を延びている誘電体線路と、該誘電体線路に信号を入力する発振器を具備してなるとともに、前記誘電体線路が、比誘電率4.5~8のセラミックスからなることを特徴とする誘電体線路モジュール。

【請求項2】平行平板導体の誘電体線路側の面に、絶縁性フィルム層が設けられていることを特徴とする請求項1記載の誘電体線路モジュール。

【請求項3】誘電体線路の途中には、該誘電体線路の垂直断面に一対のアンテナバターンと該アンテナバターンに電気的に接続された半導体素子とが設けられ、平行平板導体の誘電体線路側の面には、絶縁層を介してチョークバターンが形成され、該チョークバターンは、前記アンテナバターンに接続されていることを特徴とする請求項1又は2記載の誘電体線路モジュール。

【請求項4】誘電体線路の途中には、信号入出力器が介装されており、該信号入出力器は、一対のアンテナバターンと、該アンテナバターン間に配置され且つ電気的に接続された半導体素子と、該アンテナバターンの各々に接続されたチョークバターンとを内蔵した誘電体基板から構成されていることを特徴とする請求項1又は2記載の誘電体線路モジュール。

【請求項5】誘電体線路の途中及び/又は終端部における側面には、電波吸収体が設けられていることを特徴とする請求項1乃至4のいずれかに記載の誘電体線路モジュール。

【請求項6】誘電体線路は、互いに隣接する第1の誘電体線路と第2の誘電体線路とから構成されており、該第1の誘電体線路又は第2の誘電体線路を伝送する高周波信号が前記第1及び第2の誘電体線路から出力されるとともに、各誘電体線路から出力される高周波信号の周波数に対して透過率をプロットした透過率曲線は、何れも使用周波数での透過率が極値を有することを特徴とする請求項1乃至5のいずれかに記載の誘電体線路モジュール。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、非放射性誘電体線路モジュールに関するものであり、例えば、ミリ波集積回路等に好適に使用される非放射性誘電体線路モジュールに関する。

【0002】

【従来技術】非放射性誘電体線路モジュールは、使用信号波長入の1/2以下の間隔に配置された一対の平行平板導体の間に、直線状の誘電体線路が設けられた構造を有している。即ち、このような構造の誘電体線路モジュールでは波長が入よりも大きい高周波信号は、遮断されて平行平板導体の間の空間内には侵入できない。また誘

電体線路に沿って高周波信号を伝搬することができ、この高周波信号からの放射波は、平行平板導体の遮断効果によって抑制される。

【0003】また、上記誘電体線路モジュールの電磁波伝搬モードとしては、LSMモード、LSEモードの2種類があることが知られているが、一般的には損失の小さいLSMモードが使用されている。

【0004】さらに、このような誘電体線路モジュールでは、誘電体線路を曲線状に設けることにより、高周波信号を容易に曲げて伝搬することができるため、回路の小型化や自由度の高い回路設計ができるという利点を有している。

【0005】上記の誘電体線路の形成材料としては、加工性が容易であるという見地から、従来はテフロン、ポリスチレンなどの樹脂材料が用いられていた。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、このような樹脂材料で形成された誘電体線路を備えた誘電体線路モジュールでは、曲線部での曲げによる伝送損失（以下、単に曲げ損失という）や、線路接合部での伝送損失が大きいという欠点があり、例えば曲率半径の小さい急激な曲線部を形成することができないという問題があった。

【0007】また曲率半径の大きい緩やかな曲線部を形成した場合でも、その曲率半径を精密に設定する必要があった。

【0008】さらに、上述した曲げ損失を小さくし得る信号の周波数幅が、例えば6.0GHz付近で1~2GHz程度と極めて狭い。これは、このような樹脂材料で形成された誘電体線路モジュールでは、そのLSMモード及びLSEモードの分散曲線が後述する図22で示すようなものとなり、 $\beta/\beta_c = 0$ のときの周波数差が3GHz程度と非常に小さく、この結果、LSMモードの電磁波の一部がLSEモードに変換されてしまうためであると考えられる。

【0009】また誘電体線路の形成材料としてアルミニウムを用いた誘電体線路モジュールも存在する。しかし、この場合には、5.0GHz以上の高周波信号を用いるためには、誘電体線路の幅を著しく細くすることが必要であり、その加工や実装が極めて困難であり、実用的でない。

【0010】本発明の目的は、LSMモード電磁波のLSEモードへの変換が少なく、曲率半径が小さい急激な曲線部を有する誘電体線路を有している場合にも低損失での伝送可能な周波数幅が広い非放射性誘電体線路モジュールを提供することにある。

【0011】本発明の他の目的は、回路を小型化することができ、しかも加工や回路設計の自由度の高い非放射性誘電体線路モジュールを提供することにある。

【0012】

【課題を解決するための手段】本発明の誘電体線路モジュールは、信号波長λの1/2以下の間隔を置いて配置された一对の平行平板導体と、これらの平行平板導体の間に延びている誘電体線路と、該誘電体線路に信号を入力する発振器とを具備してなるとともに、前記誘電体線路が、比誘電率4.5~8のセラミックスからなるものである。

【0013】ここで、誘電体線路は、比誘電率4.5~6のセラミックスからなることが望ましい。また、誘電体線路は、周波数60GHzでのQ値が1000以上であることが望ましい。

【0014】さらに、誘電体線路は、コージェライト質セラミックスであることが望ましい。このようなコージェライト質セラミックスは、Mg、Al及びSiを含む複合酸化物中に、周期律表第3a族元素を含有していることが望ましい。周期律表第3a族元素としてはYbが望ましく、その含有量は、全量中Yb、O、換算で0.1~1.5重量%含有することが望ましい。

【0015】このようなコージェライト質セラミックスは、複合酸化物が金属元素のモル比による組成をxMgO·yAl₂O₃·zSiO₂ ($x+y+z=100$)と表した時、x、y、zが、10≤x≤40、10≤y≤40、20≤z≤80を満足することが望ましい。

【0016】また、本発明の誘電体線路モジュールでは、平行平板導体の誘電体線路側の面に、絶縁性フィルム層が設けられていることが望ましい。この絶縁性フィルム層は、誘電体線路と平行平板導体との間にも延びていても良い。絶縁性フィルム層上に、電子部品が設けられ且つ導体パターンが形成されていても良い。

【0017】さらに、本発明の誘電体線路モジュールでは、誘電体線路の途中に、該誘電体線路の垂直断面に一对のアンテナパターンと該アンテナパターンに電気的に接続された半導体素子とが設けられ、前記平行平板導体の誘電体線路側の面には、絶縁層を介してチョークパターンが形成され、該チョークパターンは、前記アンテナパターンに接続されていることが望ましい。

【0018】また、本発明の誘電体線路モジュールでは、誘電体線路の途中には、信号入出力器が介装されており、該信号入出力器は、一对のアンテナパターンと、該アンテナパターン間に配置され且つ電気的に接続された半導体素子と、前記アンテナパターンの各々に接続されたチョークパターンとを内蔵した誘電体基板から構成されていることが望ましい。ここで、誘電体基板の表面には、チョークパターンと電気的に接続された表面電極が形成され、該表面電極には、前記平行平板導体に形成された貫通孔を該平行平板導体と非導通状態で延びている導体が接続されていても良い。

【0019】さらに、本発明の誘電体線路モジュールでは、誘電体線路の途中及び/又は終端部における側面には、電波吸収体が設けられていることが望ましい。ここ

で、電波吸収体は、誘電体線路の少なくとも一方側の側面の上端部又は下端部に設けられても良い。また、電波吸収体は、高周波信号の進行方向に向かって拡幅するテーパー部を有していても良い。

【0020】また、本発明の誘電体線路モジュールでは、誘電体線路は、互いに隣接する第1の誘電体線路と第2の誘電体線路とから構成されており、該第1の誘電体線路又は第2の誘電体線路を伝送する高周波信号が前記隣接部を通過して第1及び第2の誘電体線路から出力されるとともに、各誘電体線路から出力される高周波信号の周波数に対して透過率をプロットした透過率曲線は、何れも使用周波数での透過率が極値を有することが望ましい。ここで、第2の誘電体線路は、隣接部分において、第1の誘電体線路に比して曲率半径の小さい曲線状に形成されることが望ましい。また、第1及び第2の誘電体線路は、それぞれの透過率曲線における使用周波数での透過率の極値が実質上一致していることが望ましい。

【0021】

【作用】本発明の誘電体線路モジュールでは、誘電体線路を、比誘電率が4.5~8のセラミックスから構成することにより、比誘電率がテフロンなどの樹脂材料よりも高く、アルミナよりも低くなり、LSMモードの電磁波のLSEモードへの変換を少なくすることができる。また、使用周波数(60GHz)でのQ値が1000以上のコージェライト質セラミックスを用いることにより、伝送損失が少なく、かつ安価で高精度に誘電体線路を作製することができる。

【0022】さらに、誘電体線路の比誘電率がテフロンなどの樹脂材料と比して高いので、これらの樹脂材料を用いて、例えば、誘電体線路の支持用治具や回路基板などを作製し、誘電体線路近傍に配置しても、その影響を受けにくくなる。このようにして、より自由度が高く、小型で安価な誘電体線路モジュールを構成することができる。

【0023】そして、誘電体線路のコージェライト質セラミックスとして、上記した組成物を用いることにより、焼成温度等の焼成条件を厳密に制御して得られた特性を大きく劣化させることなく、焼成条件を改善することができる。即ち、比誘電率が4.5~6、測定周波数60GHzでのQ値が1000以上の低誘電率の特性を得ることができるとともに、例えば、焼成温度幅が10°C程度であったものを100°C程度まで向上することができ、製造を容易にし、量産性を向上することができる。

【0024】また、本発明の誘電体線路モジュールでは、平行平板導体の誘電体線路側の面に、絶縁性フィルム層を設けることにより、この絶縁性フィルム上に、比較的自由に導体パターンを作製し、それに付属電子部品を装着して付属電子回路とすることができる。このた

め、付属電子部品を平行平板導体内部に収容することができ、従来のように、非放射性誘電体線路の上部に付属電子部品を搭載した絶縁基板を配置する必要がなく、付属電子部品を備えた誘電体線路モジュールの厚みが、例えば従来5mm以上であったものを3mm程度に薄くすることができる。さらに、従来のように、絶縁基板を、平行平板導体の間に、平行に固定する必要がなく、単に平行平板導体の誘電体線路側の面に絶縁性フィルムを設け、この絶縁性フィルム上に導電パターンを形成し、付属電子部品を搭載できるため、製造が容易となり、量産に最適となる。

【0025】また、絶縁性フィルムにおいて、誘電体線路などの部品の装着位置に予め公知の手段、例えば印刷により印をつけておくことにより、これらの部品を所望の位置に確実に取り付けることができる。

【0026】さらに、付属電子部品が外表面に露出しておらず、付属電子部品が強度のある平行平板導体の間に配置されているため、破損等がなく、信頼性の面でも有利である。

【0027】また、従来においては、誘電体基板に搭載されたダイオード等の半導体素子に誘電体線路を当接し、誘電体線路途中に誘電体基板を介装していたため、誘電体基板の強度や安定性が悪く、製造又は使用中に誘電体基板が位置ずれしたり、半導体素子やアンテナバターン、チョークバターンが破損していたが、本発明では、誘電体線路の途中には、該誘電体線路の垂直断面に一対のアンテナバターンと該アンテナバターンに電気的に接続された半導体素子とが設けられ、平行平板導体の誘電体線路側の面には、絶縁層を介してチョークバターンが形成され、該チョークバターンは、アンテナバターンに接続されているため、誘電体線路外の平行平板導体上にアンテナバターンに接続されたチョークバターンが絶縁層を介して形成することにより、チョークバターンを製造工程や使用中に保護することができ、これにより製造または使用中に誘電体基板が位置ずれすることができなく、半導体素子を誘電体線路の正確な位置に固定できる。

【0028】また、本発明の誘電体線路モジュールでは、誘電体線路の途中に、信号入出力器が挟まれており、該信号入出力器は、一対のアンテナバターンと、該アンテナバターン間に配置され且つ電気的に接続された半導体素子と、該アンテナバターンの各々に接続されたチョークバターンとを内蔵した誘電体基板から構成することにより、半導体素子やバターンを製造工程や使用中に保護することができるとともに、誘電体基板の強度が向上し、また誘電体線路が当接する部分は誘電体基板の平坦な表面であり、安定した状態で接続することができる。これにより、製造又は使用中に誘電体基板が位置ずれすることができなく、誘電体基板を正確な位置に取り付けることができる。

【0029】また、誘電体基板の平坦な表面に誘電体線路が当接するため、誘電体基板と誘電体線路との間に空隙が形成されることを防止することができ、誘電体基板と誘電体線路のインピーダンスマッチングが取りやすくなり、高周波信号の透過特性が良好な帯域幅を拡大することができる。

【0030】また、誘電体基板の表面に、チョークバターンと電気的に接続された表面電極を形成し、該表面電極に接続された導体が、平行平板導体に形成された貫通孔を該平行平板導体と非導通状態で挿通しているため、従来のように煩雑で不安定な導線の取り付けや取り回し工程を省略することができ、信頼性が高く、安価に量産することができる。

【0031】また、本発明では、誘電体線路の両側面の上下端部に電波吸収体を設けることにより、高周波信号の減衰消滅効果を向上することができ、これにより、従来よりも小型で効率の良い終端、減衰特性が得られる。

【0032】さらに、本発明の誘電体線路モジュールでは、一方の曲線状の誘電体線路の曲率半径を小さくすることにより2つの誘電体線路の非対称性をさらに大きくし、また2つの誘電体線路間の間隔を調整することにより、使用周波数での透過率が極値となり、使用周波数付近の透過率曲線の傾きが非常に小さくなり、帯域幅が広くなり、通信などの広帯域を必要とする機器にも応用することができる。

【0033】また、帯域幅が広いため、カプラを構成する2つの誘電体線路の間隔が多少変化しても、透過率がほとんど変化しないため、調整が簡単で容易に大量生産でき、設計の自由度が高くなる。

【0034】さらに、従来の誘電体線路よりも曲率半径を小さくすることにより、帯域幅を広くすることができるため、小型化できる。

【0035】

【発明の実施の形態】本発明の非放射性誘電体線路モジュールを追突防止用レーダに用いた例を図1に基づいて説明する。

【0036】図1は追突防止用レーダに用いる非放射性誘電体線路モジュールを示すもので、誘電体線路A1の先端に配置されたGunnダイオード（ミリ波発振器）Bからミリ波が発振され、このミリ波の一部がカップラーC1によりLocal波に分割され、残ったミリ波E1をサーチュレーターDを介して信号入出力器E1に入力され、この信号入出力器E1により変調し、例えば、前方を走行している自動車に向けて照射する。尚、信号入出力器E1へ進行してきたミリ波の反射からGunnダイオードBを保護するため、反射波をサーチュレーターDにより終端器F1に向けて進行させる。尚、平行平板導体について省略した。

【0037】前方の自動車から反射してきた受信波が誘電体線路A2を進行し、受信波の1/2とカップラーC

7
1からのLocal波の1/2とが、誘電体線路A2の端部に配置された信号入出力器E2と、カップラーC2の端部に配置された信号入出力器E3とに向けてそれぞれ進行し、それぞれの信号が信号入出力器E1、E2、E3から取り出される。尚、カップラーC1の一端部には終端器F2が設けられている。

【0038】以下、本発明の非放射性誘電体線路モジュールについて詳細に説明する。非放射性誘電体線路モジュールの基本的な構造を示す図2及び図3において、このモジュールは、互いに平行に配置された一対の平行平板導体1、1と、これら平行平板導体1、1の間にサンディッヂされている誘電体線路2を備えている。尚、図2及び図3では、理解を容易にするため、上側の平行平板導体1の一部を切り欠いて示してある。

【0039】平行平板導体1、1の間隔は、使用信号波長の1/2以下に設定されており、これにより波長がより大きい高周波信号の平行平板導体1、1間への侵入が防止され、且つ誘電体線路2からの電磁波の放射も抑制される。また誘電体線路2に沿って高周波信号が伝送されるが、この誘電体線路2は、図2のように直線状に形成することもできるし、図3のように曲線状に形成することもできる。

【0040】本発明は、上記誘電体線路2を、比誘電率が4.5乃至8、特に4.5乃至6の誘電体を用いて形成したことが顕著な特徴である。従来使用されているテフロンやポリスチレン等の樹脂材料の比誘電率は2乃至4であり、またアルミナの比誘電率は10程度であり、本発明の誘電体線路2の形成材料として用いる誘電体は、比誘電率がこれらの中間にある。即ち、本発明によ

$$1.0 \leq x \leq 4.0, \text{ 特に } 1.5 \leq x \leq 3.5, \text{ 最も好適には } 2.0 \leq x \leq 3.0$$

$$1.0 \leq y \leq 4.0, \text{ 特に } 1.7 \leq y \leq 3.5, \text{ 最も好適には } 1.7 \leq y \leq 3.0$$

$$2.0 \leq z \leq 8.0, \text{ 特に } 3.0 \leq z \leq 6.5, \text{ 最も好適には } 4.0 \leq z \leq 6.0$$

を満足することが望ましい。即ち、Mg、Al、Siをこのような割合で含有しているコーチェライト質セラミックスは、前述した60GHzでのQ値が高く、本発明には極めて有利である。

【0043】例えば、MgO含有量を示すxが1.0未満の場合には、良好な焼結体が得られず、Q値も低く、また4.0よりも大きいと、焼結体の比誘電率が高くなる。特に60GHzでのQ値を2000以上に高めるためには、xは1.5乃至3.5の範囲にあるのが良く、Q値を2500以上に高めるためには、xは、2.0乃至3.0の範囲にあるのが良い。

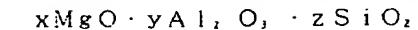
【0044】また、Al、O₂含有量を示すyが1.0未満の場合には、上記と同様、良好な焼結体が得られず、Q値も低い。またyが4.0よりも大きいと、焼結体の比誘電率が高くなる。特に60GHzでのQ値を2000以上に高めるためには、yは、1.7乃至3.5の範囲にあるのが良く、Q値を2500以上に高めるためには、yは1.7乃至3.0の範囲にあるのがよい。

*れば、このような比誘電率を有する誘電体を用いて誘電体線路2を形成することにより、LSMモード電磁波のLSEモードへの変換を少なくすることができ、従って、曲率半径の小さい急激な曲線部を誘電体線路2に設けた場合にも曲げによる伝送損失が小さい周波数幅は広くなる。例えば、比誘電率が4.5よりも小さい誘電体を用いた場合には、LSMモード電磁波のLSEモードへの変換が大きくなり、上述した本発明の利点が失われる。また、比誘電率が8よりも大きい誘電体を用いる

10と、例えば50GHz以上の周波数を有する高周波信号を伝送するためには、誘電体線路2の幅を著しく細くすることが必要となり、加工精度や強度の点で問題を生じる。

【0041】また、本発明で誘電体線路2の形成材料として用いる誘電体は、周波数60GHzでのQ値が100以上、好ましくは2000以上、最も望ましくは2500以上であるのが良い。このようなQ値を有する誘電体は、近年におけるマイクロ波帯、ミリ波帯で使用される電装線路に充分対応し得る低損失性を有しているからである。

【0042】上述した比誘電率を有する誘電体としては、特にコーチェライト質セラミックスを挙げることができる。このコーチェライト質セラミックスは、Mg、Al及びSiを含む複合酸化物を主成分とするものであり、例えばこれらの金属元素のモル組成を下記式



式中、x、y、zは、x+y+z=100を満足する数である、で表した時、前記x、y、zが、下記条件

$$1.0 \leq x \leq 4.0, \text{ 特に } 1.5 \leq x \leq 3.5, \text{ 最も好適には } 2.0 \leq x \leq 3.0$$

$$1.0 \leq y \leq 4.0, \text{ 特に } 1.7 \leq y \leq 3.5, \text{ 最も好適には } 1.7 \leq y \leq 3.0$$

$$2.0 \leq z \leq 8.0, \text{ 特に } 3.0 \leq z \leq 6.5, \text{ 最も好適には } 4.0 \leq z \leq 6.0$$

【0045】さらに、SiO₂含有量を示すzが2.0よりも小さい場合には、比誘電率が高くなり、8.0を越えると良好な焼結体が得られず、Q値が低くなる。60GHzでのQ値を2000以上に高めるためには、zは3.0乃至6.5の範囲にあるのがよく、Q値を2500以上に高めるためには、zは4.0乃至6.0の範囲にあるのがよい。

40 【0046】また上述したコーチェライトセラミックスは、特に周期律表第3a族元素を含有していることが望ましい。周期律表第3a族元素を含有するコーチェライト質セラミックスは、例えば本発明で最も好適な比誘電率と高いQ値を有し、且つ充分に緻密化された焼結体を得るための焼成条件がマイルドであるという利点を有する。例えば、周期律表第3a族元素を含有していないものでは、緻密化焼成温度幅が約10°Cであるが、このような元素を含有しているものでは、緻密化焼成温度幅が約100°Cに広がり、量産が容易であるという利点がある。

【0047】周期律表第3a族元素には、Sc, Y, La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Luなどがあるが、本発明では、これらの中でもYbが望ましく、前記複合酸化物当たり、Yb, O, 換算で0.1～1.5重量%，特に0.1～1.0重量%の量でYbを含有していることが望ましい。例えば、Yb含有量が0.1重量%未満では、緻密化焼成温度幅が広くならないため、量産性の点で不満足となる。また1.5重量%よりも多量にYbを含有するセラミックスでは、誘電損失が大きくなり、Q値も低くなる。一般に、Yb含有量を多くする程、コーチェライト質セラミックスの緻密化焼成温度幅が広くなるが、反面、比誘電率が高くなり且つQ値は低下するため、比誘電率やQ値と緻密化焼成温度幅との兼ね合いをYbの含有量を決定することが望ましい。

【0048】本発明において最も好適に使用されるコーチェライト質セラミックスは、前述したモル比による複合酸化物の組成がx=2.2, y=2.2, z=5.6であり、且つYbをYb, O, 換算で0.1～1.0重量%の量で含有するものである。

【0049】上述したコーチェライト質セラミックスを得るために、原料粉末として、Mg, Al, Siを含む粉末、さらに必要により、周期律表第3a族元素を含む粉末を用いるが、これらの粉末は、焼成により酸化物を形成し得る限り、酸化物、炭酸塩、酢酸塩等の無機化合物、或いは有機金属等の有機化合物として、これらの元素を含むものであっても良い。例えば、MgCO₃粉末、Al₂O₃粉末、SiO₂粉末、Yb₂O₃粉末などがこれら元素の供給源として使用される。

【0050】そして、例えば、このような原料粉末を所定の割合で湿式混合し乾燥した後に、この混合物を大気中、1100～1300°Cで仮焼し、粉碎する。得られた粉末に適量のバインダーを加えて所定の形状（即ち、誘電体線路2の形状）に成形し、この成形物を大気中1200～1550°Cの範囲で焼成することにより、上述したコーチェライト質セラミックスからなる誘電体線路を形成することができる。

【0051】上記のようにして得られるコーチェライト質セラミックスは、主結晶相がコーチェライトであるが、用いる原料粉末の組成等に応じて、副結晶相として、ムライト、スピネル、プロトエンスタタイト、クリノエンスタタイト、クリストバライト、フォルステタイト、トリジマイト、サファリン、Re, Si, O, (Reは周期律表第3a族元素)などの結晶が析出する場合があるが、比誘電率やQ値が所定の範囲にある限り、このような副結晶相が析出しても何ら問題ない。また、原料粉末や粉碎のために用いる粉碎ボール中に含まれるCa, Ba, Zr, Ni, Fe, Cr, P, Na, Tiなどが不純物として誘電体線路を形成するコーチェライト質セラミックス中に含まれることがあるが、やはり、比

誘電率やQ値が前述した範囲にある限り、特に問題ない。

【0052】上述した特定の比誘電率を有する誘電体からなる誘電体線路2を備えている本発明の誘電体線路モジュールは、伝送損失を損なうことなく曲率半径の小さな急激な曲線部を誘電体線路2に形成することができるため、回路設計の自由度が極めて高く、回路の小型化やコストダウンの点で極めて有利であり、また極めて高精度に製造することができ、特に周波数が50GHz以上

10 の高周波信号の伝送に極めて有用である。

【0053】さらに本発明の誘電体線路モジュールは、誘電体線路2を構成する誘電体の比誘電率が、テフロン等の樹脂材料に比して高いため、これらの樹脂材料による影響を受けにくいという利点もある。即ち、回路基板や誘電体線路の支持用治具などの誘電体線路2の近傍に配置される部材を、上記のような樹脂材料で形成した場合にも、伝送特性等が低下することなく、このような点でも回路設計の自由度が高く、小型化やコストダウンの点で優れている。

【0054】上述した比誘電率が4.5乃至8の誘電体からなる誘電体線路2と一対の平行平板導体1, 1とからなる非放射性誘電体線路を備えたモジュールには、種々の電子部品や回路を取り付けることができる。尚、平行平板導体1, 1は、電気伝導性が高く且つ加工性が優れている点で、Cu, Al, Fe, ステンレス, Ag, Au, Ptなどの導体板から形成されているのがよいが、絶縁基板上に、これらの導体層が形成された構造を有するものでも良い。

【0055】例えば、本発明では、平行平板導体1, 1の誘電体線路2が設けられている側の面に絶縁性フィルム層を設けることができ、この絶縁性フィルム層上に種々の電子部品を設けることができる。図4には、このような絶縁性フィルム層を設けたモジュールの基本構造を示し、図5には、その具体例を示した。尚、これらの図では、説明の便宜上、上側の平行平板導体1は省略している。

【0056】図4に示されているように、本発明のこの例では、平行平板導体1の上面、即ち、誘電体線路2が設けられる側の面に絶縁性フィルム層5が設けられ、絶縁性フィルム層5には、導体パターン6が形成されている。即ち、絶縁性フィルム層5上に種々の電子部品が設けられるが、上記誘電体線路2或いは導体パターン6にこれらの電子部品が接続されるわけである。即ち、図5に示すように、誘電体線路2の手前側先端部には、高周波信号の発振器10が配置され、誘電体線路2の途中には、ダイオード等の半導体素子を備えた高周波信号の入出力器11が設けられている。また、絶縁性フィルム層5上に形成されている導体パターン6には、変調信号の発振器や集積回路等の付属電子部品12が接続される。

【0057】このような絶縁性フィルム層5を設けた態

様では、各種の付属電子部品12を一对の平行平板導体1、1の間に収容することができるため、モジュールの厚みを薄くすることができ、モジュールのカード型化の点で極めて有利であり、また量産性の点でも極めて有利である。例えば、従来の非放射性誘電体線路を備えたモジュールでは、上述した付属電子部品12等は、平行平板導体1の誘電体線路2が設けられていない側の面に固定された絶縁基板上に設けられていた。このような場合には、必然的にモジュールの厚みは大きくなってしまい、コンピューター内蔵するためのモジュールのカード型化の点で不都合を免れない。また、平行平板導体1、1に絶縁基板を固定したり、或いは絶縁基板導体上に設けられた付属電子部品12を、誘電体線路2に接続されている発振装置や信号入出力器に接続するために、絶縁基板や平行平板導体にスルーホールを設けることが必要となってしまい、量産性の点でも問題がある。しかるに、図4、5に示した態様では、このような問題点が有効に解消されていることが理解できる。

【0058】絶縁性フィルム層5は、誘電体線路2と一对の平行平板導体1、1とからなる非放射性誘電体線路の伝送特性を大きく劣化させない限り、任意の材料で形成されていてよいが、一般的には、比誘電率が5以下であり、且つその厚さは0.3mm以下であることが好ましい。即ち、比誘電率が5よりも大きい材料で形成されていた場合や厚みが0.3mmよりも大きいと、この誘電体線路を伝搬する電磁波に摂動が起り、反射や放射の原因となるからである。

【0059】このような絶縁性フィルム層材料としては、例えば、ポリアセテート、テフロン、セロハン、ポリ塩化ビニール、ポリスチレン、ポリエチレン、ポリエチレンテレフタレートなどの樹脂や、ガラスベースト、ガラスーセラミックスペーストなどがある。また、上述した樹脂を紙等にラミネートしたラミネート紙も使用することができる。

【0060】従って、これらのフィルムを、接着剤や粘着テープなどを用いて平行平板導体に張りつけたり、あるいはガラスベーストやガラスーセラミックスペーストを平行平板導体に塗布した後に熱処理を行うことにより、絶縁性フィルム層5を形成することができる。

【0061】また、誘電体線路2、導体パターン6、発振器10、付属電子部品12は、平行平板導体1上に絶縁性フィルム層5を設けた後に、このフィルム層5上に設けることができるが、誘電体線路2等を前述した樹脂フィルムに設けた後に、この樹脂フィルムを平行平板導体1に張りつけることもできる。

【0062】また絶縁性フィルム層5に誘電体線路2や電子部品12等を設ける場合には、これらの取り付け位置を正確に設定するために、印刷などにより絶縁性フィルム層5或いは絶縁性樹脂フィルムに取り付け位置を明示しておくことが望ましい。

【0063】導体パターン6の厚みや材質、絶縁性フィルム層5上への導体パターンの形成方法は特に制限されないが、誘電体線路2の直下を通る部分の厚みを0.1mm以下にすることが好適である。

【0064】さらに電子部品12等と導体パターン6との接続方法も特に制限されず、例えば、導電性ベースト、導電性接着剤、ハンダなどを用いて接続を行うことができる。尚、誘電体線路2を絶縁性フィルム層5上に取り付けるには、通常、接着剤が用いられるが、誘電体線路2の伝送特性や強度が損なわれない限り、どのような接着剤を用いても構わない。さらに絶縁性フィルム層5は、平行平板導体1の全面に設けることもできるし、電子部品12や導体パターン6を設ける部分にのみ設けることもできる。

【0065】また、本発明のモジュールでは、誘電体線路2の途中に、ダイオード等の半導体素子を備えた信号入出力器を設けることができ、これにより、モジュールに信号の周波数変換、スイッチング、減衰、検出等の機能を持たせることができる。

【0066】例えば、図5では、この信号入出力器は11で示されている。このような信号入出力器11が設けられている誘電体線路の基本的な構造を図6に示し、信号入出力器11に形成されているパターン構造を図7に示した。

【0067】即ち、上記の信号入出力器11は、誘電体線路2の途中に挟まれた誘電体基板15から形成されており、この誘電体基板15の一主面には、図7に明示されているように、外部への高周波信号の漏洩を防止するためのチョークパターン16、16と、高周波信号を受信する一对のアンテナパターン17、17とが形成されており、チョークパターン16、16は、アンテナパターン17、17のそれぞれに接続されているとともに、アンテナパターン17、17の間には、ダイオードなどの半導体素子18が配置され、アンテナパターン17、17に接続されている。また、上記のアンテナパターン17、17は、誘電体線路2によって覆われている部分、即ち、高周波信号の伝搬路に配置されている。さらに、チョークパターン16、16には、図6に示すように、入出力導線20が接続されており、この入出力導線20は、平行平板導体1に設けられたホール21を通じて外部に伸びており、種々の電子部品等に接続されている。従って、図5のように絶縁性フィルム層を設けた場合には、導体パターン6が入出力導線20に相当し、上記のようなホール21は特に形成する必要はない。

【0068】ところで上記のような信号入出力器11を設けた場合には、高周波信号の伝搬路、換言すると、電磁波の集中する部分に誘電体基板15が挿入されているため、伝送特性が劣化するという欠点がある。例えば、誘電体線路2を伝搬する高周波信号の一部が誘電体基板15内にまで伝搬し、漏洩するため、信号の損失が生じ

50

るという問題がある。また誘電体基板15は、その厚さが薄く且つその長さが大きいものであるため、誘電体基板15の正確な位置決めが困難であり、モジュールの製造中或いは使用中に、誘電体基板15の位置ずれや破損が生じるという危険性がある。

【0069】しかるに本発明によれば、上記入出力器11におけるチョークパターンを平行平板導体1上に形成することにより、上述した問題を回避することができる。この例を図8に示した。尚、図8においても、図6と同様、上側の平行平板導体1は省略されている。

【0070】即ち、図8のモジュールでは、誘電体線路2と実質的に同一の断面形状を有する誘電体基板25が、誘電体線路2の途中に挟まれており、この誘電体基板25の面（誘電体線路2の垂直断面に相当する面）には、高周波信号送受信用の一対のアンテナパターン26、26が形成されており、このアンテナパターン26、26の間には半導体素子27が接続されている。また、平行平板導体1上には、絶縁層28が形成され、この絶縁層28上にチョークパターン29が形成されており、このチョークパターン29は、高周波信号入出力用の電極30を介してアンテナパターン26に接続されている。また、このチョークパターン29は、図5の例と同様、平行平板導体1に設けられたホール21を通って外部へ延びており、且つ種々の電子部品等に接続されている入出力導線20が接続されている。

【0071】かかる構造によれば、チョークパターン29が、電磁波が集中する誘電体線路2の垂直断面上に形成されていない。従って、このチョークパターン29が誘電体線路2を伝搬する高周波信号に影響を与えることなく、高周波信号の伝送特性を向上させることができる。また、誘電体基板25は、誘電体線路2の垂直断面と同じ大きさで良いため、その取り付けが容易であり、取り付け位置の精度も高く、モジュールの製造中或いは使用中に位置ずれや破損を生じる恐れもない。

【0072】誘電体基板25は、前述した誘電体線路2と同じ誘電体材料で形成されているのが好ましく、絶縁層28は、先の図5の例で形成されている絶縁性フィルム層5を構成するものと同様の絶縁性材料で形成することができ、この厚みは10～200μm程度であるのが良い。この絶縁層28は、スパッタリング法、蒸着法、塗布法、浸漬法等により、平行平板導体1上に形成することができるし、絶縁性フィルムを接着剤、粘着テープ等を用いて張り付けることにより形成することもできる。また半導体素子27としては、高周波半導体ダイオード、ガンドイオード、インパットダイオード、可変容量ダイオード、ショットキーダイオード、バラクタダイオード、PINダイオード等が使用されるが、これらに限定されるものではなく、インダクタ、キャパシタ、トランジスタ等の機能を有する電子部品も使用することができる。

【0073】アンテナパターン26及びチョークパターン29は、電気伝導性の高いAu、Cu、Alなどから形成されているのがよい。またこれらのパターン26、29は、蒸着法等を用いて誘電体基板25或いは絶縁層28上に形成することができるが、所定のパターン形状に形成された薄い金属板を張り付けることにより形成することもできる。アンテナパターン26は、基本的には高周波信号の受信用であるが、これを高周波信号或いは他の信号の送信用としても使用することができる。

10 送信用として使用する場合には、このアンテナパターン26に信号入力用の給電線を接続することが必要であるが、チョークパターン29を通じてアンテナパターン26に信号を入力することもできる。また図8の例において、チョークパターン29は、パターン間隔が伝送する高周波信号の1/4波長に設定された1/4波長チョークパターンとするのが好ましい。このようなチョークパターンは、高周波信号を遮断するインダクタ（チョークコイル）と等価であり、高周波信号の外部への漏洩を有效地に防止することができる。

20 【0074】高周波信号入出力用の電極30は、アンテナパターン26を誘電体基板25の下部に延長する、或いは誘電体基板25の下部に別個に電極を設ける等の手段により形成することができ、この電極30とチョークパターン29とは、ハンダ、導電性接着剤等を用いて接続される。

【0075】チョークパターン29からの信号の取出は、前述した入出力導線20を介して行われるが、この導線20が通るホール21には、その内部に絶縁材料を充填し、或いはホール21の内壁に絶縁物質をコーティングし、導線20と平行平板導体1との導通を防止しておく。勿論、入出力導線20に絶縁チューブを被覆しておくこともできる。また、このような入出力導線20は、前述した図5の例のように平行平板導体1上に絶縁性フィルム層5を設けた場合には、導体パターン6で置き換えることができ、この場合、ホール21を設ける必要もない。

【0076】上述した図8の例は、図6の高周波信号入出力器11におけるチョークパターンをアンテナパターンとは別個に平行平板導体1上に設けた例であるが、これらのアンテナパターンとチョークパターンとを誘電体基板内に内蔵させることもできる。図9には、このような構造の高周波信号入出力器（図中、40で示す）を備えたモジュールの基本的な構造を示し、図10には高周波信号入出力器40の分解斜視図を示した。尚、図9では、上側の平行平板導体1は省略した。

40 【0077】図9及び図10から明らかなように、この高周波信号入出力器40は、一対の誘電体基板45、46を備えており、誘電体基板45、46の間には、一対のアンテナパターン47、47、一対のチョークバターン48、48及び半導体素子49とが配置されている。

即ち、アンテナバターン47、47のそれぞれにチョークバターン48が接続されており、アンテナバターン47、47の間には、半導体素子49が接続して設けられている。またチョークバターン48、48には、誘電体基板45或いは46上に形成されている信号入出力用の表面電極50が接続されている(図9では、誘電体基板46の上面に表面電極50が形成されている)。

【0078】さらに一方の誘電体基板45には、半導体素子収容用の凹部51が形成されており、この部分に半導体素子49が配置されるようになっている。勿論、この凹部51は、他方の誘電体基板46に形成されていてもよいし、誘電体基板45、46の両方に形成されても良い。このような凹部51に半導体素子49を配置することにより、誘電体基板45、46を密着させることができ、この信号入出力器40の強度を高め、且つ厚みを薄くすることができる。

【0079】表面電極50からは、例えば図8の例と同様、適当な入出力導線(図示せず)が接続され、この導線は平行平板導体1に形成されているホールを通して外部に延ばされ、各種の電子部品や回路に接続される。また、図5のように、平行平板導体1上に絶縁性フィルム層を設けた場合には、このフィルム層に形成されている導体バターンに直接表面電極50を接続することができる。

【0080】このような構造の信号入出力器40を備えたモジュールは、アンテナ及びチョークバターン、及び半導体素子が誘電体基板によって保護されているため、モジュールの製造中或いは使用中に、これらの部材が破損するというトラブルを有効に防止することができる。さらに従来の信号入出力器は、図6、7で説明したように、半導体素子が誘電体基板の表面に設けられているため、誘電体線路との接続部分に、半導体素子の厚み分だけ空隙が形成される。従って、インピーダンスの不整合による高周波信号の反射を生じやすいという問題があるが、この図9、10に示す信号入出力器40を用いた場合には、誘電体線路2との接合部分が誘電体基板の平坦な面となるため、インピーダンスマッチングが容易となり、伝送特性が良好な高周波信号の周波数帯幅が拡大するという顕著な利点が得られる。

【0081】また、平坦な面で誘電体線路2が接続されるため、信号入出力器を安定且つ精度よく所定の位置に配置することができ、その位置ずれ等を有効に防止することができる。

【0082】上述した図9及び図10において、アンテナバターン47、チョークバターン48等は、図8の例で説明したのと同じ方法で形成することができ、また表面電極50は、チョークバターン48を延長させたり、或いは別個の電極を設け、これをハンダや導電性接着剤を用いてチョークバターン48と接続する等の方法により形成することができる。

【0083】上述した種々のタイプのモジュールでは、誘電体線路2の途中もしくは終端部に高周波信号を減衰させたり消滅せたりするために、電波吸収体を設けることができる。即ち、線路の終端部では、信号の反射を生じやすいが、このような反射が生じると、高周波デバイスに悪影響を及ぼしたり、入力信号波と反射信号波とが合成されて定在波を作る現象が発生する。このような反射を抑制するために、誘電体線路2の終端部には、電波吸収体を備えた終端器を配置することができる。

10 【0084】また高周波デバイスを保護するために、入力される信号電力の強度を減衰させるために、誘電体線路2の途中の適当な部分には、電波吸収体を備えた減衰器を設けることができる。このような終端器及び減衰器を備えた誘電体線路を有するモジュールの基本的構造を図11に示し、終端器の構造を図12(a)に示し、減衰器の構造を図12(b)に示した。尚、図11においては減衰器61と終端器60の双方を用いたが片方のみを用いることもできる。また図11でも上側の平行平板導体1は省略されている。

20 【0085】これらの図から明らかなように、誘電体線路2の終端に設けられている終端器60及び線路2の途中に設けられている減衰器61では、何れも誘電体線路を形成する誘電体片63、63の間に電波吸収体65がサンドイッチされている。即ち、この電波吸収体65は、誘電体線路2の厚み方向中央部に位置しているが、これは、この部分が横方向の電場が最も強いため、この部分に電波吸収体65を配置することにより、最も効率よく、高周波信号の減衰若しくは消滅を行なうことができると考えられているからである。また、上記の電波吸収体65は、終端器60では信号の進行方向xとは反対側の端部に、減衰器61では、この進行方向xに沿った両側の端部に切欠66が形成されている。この切欠66は、これらのデバイスと誘電体線路2とのインピーダンスをマッチングさせるためのものである。

30 【0086】上述した電波吸収体65を備えた終端器60及び減衰器61は、一般的に採用されているものであるが、これらのデバイスでは、高周波信号を減衰或いは消滅させる効果が未だ充分ではない。例えば、上記のような終端器60を用いた場合、高周波信号を充分に消滅させて反射を防止するためには、電波吸収体65の長さ約20mm程度とすることが必要であり、モジュールの小型化に対して大きな弊害となっている。また、上記のようなデバイスは、誘電体線路2とは全く別個に製造し、誘電体線路2に取り付けなければならないため、その位置ずれや破損を生じ易いという問題もある。本発明者等は、このようなデバイスについて検討した結果、誘電体線路2の側面に電波吸収体を設けることにより、上述した問題を解決し得ることを見出した。

40 【0087】このような電波吸収体が側面に設けられている誘電体線路を有するモジュールの基本構造を図13

に示し、図14(a)には、上記誘電体線路の減衰部の拡大図及び図14(b)にはその分解図を示し、図15(a)には終端部の拡大図および図15(b)にはその分解図を示した。

【0088】これらの図において、誘電体線路2の途中の減衰部70の側面には、その上端及び下端の計4か所に電波吸収体71が設けられている。また誘電体線路2の終端部75の側面には、その上端及び下端の計4か所に電波吸収体71が設けられている。尚、電波吸収体71は、いずれも誘電体線路2の両側面に設けられているが、場合によっては、一方側の側面にのみ設けることもできるし、また該側面の上端部或いは下端部のいずれか一方に設けることもできる。

【0089】かかる態様によれば、前述した図11、12に示された減衰器或いは終端器を用いた場合に比して、著しく効率よく高周波信号の減衰、消滅を行うことができる。即ち、非放射性誘電体線路の電磁場の分布を調べると、誘電体線路2の側面の上端及び下端に、縦方向の電場が強い部位が存在していることが確認された。

【0090】従って、このような部位に電波吸収体を設けることにより、高周波信号の減衰及び消滅を効率よく行うことが可能となるものである。

【0091】また、この態様によれば、電波吸収体71は、誘電体線路2の側面に接着剤等による張り付け或いは蒸着により極めて簡単に設けられ、前述した図11、12の例のように、誘電体線路2とは別体の減衰器や終端器を製造する必要はなく、生産性の点でも極めて有利であり、また電波吸収体は所定の位置に安定に保持され、その位置ずれ等の問題もなく、その信頼性の点でも極めて優れている。

【0092】また電波吸収体71は、信号入射側の端部には、信号の進行方向xに向かって次第に拡幅となるテーパー部71aが形成され、このテーパー部71aに連なって一定幅の帯状部71bが形成されていることが好ましく、さらに減衰部70に設けられる電波吸収体71では、信号出口側端部に、信号の進行方向xに向かって次第に狭幅となるテーパー部71cが形成されていることが好ましい。電波吸収体71の形状をこのようにすることによって、高周波信号の減衰、消滅特性を最大限に高めることができる。

【0093】尚、電波吸収体の帯状部71bの幅は、信号の反射やモード変換が大きくならない限り、その寸法に制限はないが、良好な減衰特性と反射防止特性が得られるという点から、誘電体線路2の高さ(平行平板導体1、1の間隔に相当)の10~40%程度とすることが望ましい。また電波吸収体71の長さは、目的とする減衰特性或いは消滅特性が得られるような長さに設定され、先にも述べたように、このような態様では、短い長さで十分な減衰特性、消滅特性を発現させることができる。また、上述した誘電体線路2の側面に設けられる電

波吸収体は、図11、12で示される終端器や減衰器の側面に設けることも可能である。

【0094】上述した例において、電波吸収体65、71は、任意の抵抗体材料もしくは電波吸収材料で形成されるが、効率のよい減衰特性を得るためにには、抵抗体材料として、ニッケルクロム合金、カーボン等を用いるのがよい。また電波吸収材料には、バーフェイ、センダストなどがある。

【0095】上述した種々の構造の非放射性誘電体線路を備えたモジュールでは、複数の誘電体線路を隣接して配置することにより、これら誘電体線路を伝搬する信号の分割及び結合を行うことができる。このような誘電体線路の結合構造(以下、単に「カプラ」と呼ぶことがある)には、大きく分けて、図16、17に示すものがある。

【0096】即ち、図16では、直線状の第1誘電体線路80に対して、間隔Lを置いて直線状の第2の誘電体線路81が隣接されており、このカプラは誘電体線路80、81が対称的に配置されている。この場合、第1の誘電体線路80と、第2の誘電体線路81とを同一の曲率半径を有する曲線状のものとすることもできる。

【0097】また図17では、直線状の第1の誘電体線路80に対して、曲率半径がRの曲線部を有する曲線状の第2の誘電体線路81に最も近接しており、その間隔はLである。このカプラでは、誘電体線路80、81が非対称的に配置されている。

【0098】この場合、第1の誘電体線路80は、曲率半径が前記よりも著しく大きい曲線部分を有するものであってもよい。

【0099】上記の図16、17のカプラにおいて、第1の誘電体線路80のポートaから入射された高周波信号(電磁波)は、一部は第2のストリップ線路81との隣接部で第2のストリップ線路81と電磁結合してポートcから出力される。また、第2のストリップ線路81のポートdから入射された電磁波は、上記と同様に分割されてポートbとポートcとに出力される。さらに、ポートaとポートdに同時に電磁波を入射すると、分割された電磁波が混合されてポートb、ポートcへ出力される。これらの場合、ポートbとポートcとに出力される電磁波の比率(分割比)は、一般に、2つの誘電体線路80、81の間隔Lを変えることによって調整される。

【0100】ところで従来、ポートaから入射された周波数6.0GHzの高周波信号がポートb、ポートcに等分割されて出力される場合において、従来採用されている対称カプラでは、その周波数と透過率との関係を計算で求めると、図18に示されている様に設定され、また非対称カプラでは、図19に示されている様に設定されている。尚、図18、19中、Sbaは、ポートbに出力される高周波信号の透過率曲線、Sciaはポートcに出力される高周波信号の透過率曲線を示す。

【0101】これらの図から明らかな通り、従来は、使用信号の周波数(60GHz)で曲線Sba、曲線Scaとが交差するようにカプラの設定が行われており、非対称カプラの場合は、対称カプラに比して、ポートcでの透過率が小さく、また上記曲線の交点が低周波数側に移行していることが理解される。また、非対称カプラでは、互いに隣接する2本の誘電体線路が非対称となっているため、計算通りの透過率で高周波信号がポートcに出力されないという問題もあった。このような点を考慮して、従来のモジュールでは、特に図16に示すような対称型カプラが採用されていた。また一方の誘電体線路を直線状とし、他方の誘電体線路を曲線状とする場合には、曲線状の誘電体線路の曲率半径をできるだけ大きくし、誘電体線路同士の対称性を高めるようにカプラが設計されていた。

【0102】このように、従来採用されているカプラでは、設計の自由度が極めて小さく、このことは、モジュールの小型化の大きな妨げとなっている。さらに、図18に示されている曲線から理解されるように、対称カプラを用いた場合では、使用信号の周波数前後において透過率が大きく変化するという問題がある。即ち、60GHzから僅かに周波数がずれると、透過率は大きく変化している。このため、従来のカプラでの使用周波数帯幅が要求される機器には、このようなカプラを使用することが困難である。また、誘電体線路80、81の間隔しが変動すると、透過率が大きく変化してしまうため、これらの線路の間隔しが厳密に設定する必要があり、このことは、モジュールの量産性を高める上での弊害となっている。

【0103】しかるに上述した問題は、互いに隣接されるストリップ線路80、81について、信号の周波数に対して透過率をプロットした曲線を作製したとき、各曲線が使用信号の周波数で極値を有するように、誘電体線路80、81を設定することにより有効に回避できることを本発明者等は見出た。

【0104】即ち、図20で示されている曲線では、曲線Sba及び曲線Scaの何れもが、使用信号の周波数60GHzで極値を有している(曲線Sbaでは極小値、曲線Scaでは極大値)。このように設定されているカプラを用いた場合には、使用周波数(60GHz)付近での透過率曲線の傾きが非常に小さくなるため、透過率の変動の小さい帯状域が広くなる。従って、使用周波数帯幅が広くなり、通信などのひろい周波数帯幅が要求される機器にも、このようなカプラを有効に使用することが可能となる。また、透過率の小さい帯状線が広いため、2つの誘電体線路80、81の間隔しが多少変化しても、透過率は大きく変動することなく、設定通りの効率で信号の分割、結合を行うことができ、モジュールの量産性が向上する。また、図20に示されているように、2つの透過率曲線における使用周波数での極値を

一致させることができが好ましく、これにより、等分配の3dBカプラを構成することができる。

【0105】また上述した透過率曲線の極値を示す透過率及び周波数は、誘電体線路80、81の隣接部での曲線半径、誘電体線路80、81の間隔L及び誘電体線路80、81の幅、高さ、比誘電率に依存する。従って、用いる信号の周波数に応じて、実験若しくは計算によって透過率を求めて、前述した条件を満足するように、これらの値(ストリップ線路の曲線半径、幅、高さ、比誘電率及び間隔)を設定すればよい。例えば、ポートaから高周波信号を入射した場合、第2の誘電体線路81の隣接部での曲率半径Rを小さくするにつれて、ポートbへの透過率の極小値は増大し、ポートcへの透過率の極大値は減少する。また、2つの誘電体線路80、81の隣接部での曲率半径の差が大きいほど、ポートbへの透過率の極値は小さくなる。

【0106】従って、この態様では、第1の誘電体線路80を直線状とし、第2の誘電体線路81は、隣接部での曲率半径が大きい曲がりの大きい曲線状とすることができ、これにより、カプラの構造の自由度が著しく高まり、モジュールの小型化の点で極めて有利である。

【0107】また、このようなカプラの構造においては、誘電体線路80、81の比誘電率は、4以上、特に4~8であることが実用上望ましい。従って、前述した比誘電率が4.5~6の誘電体で形成されている誘電体線路を用いる上で、このようなカプラは最適である。また、このような比誘電率の誘電体線路を用いた場合、第2の誘電体線路81の曲率半径Rを8mm以下に設定することが望ましい。また、第1の誘電体線路80は、前述した透過率曲線に関する条件が保持されている限り、曲線状であってもよいが、一般的には直線状であることが望ましい。因みに、高さ2.25mm、幅1.0mm及び比誘電率が5の誘電体線路を用い、第1の誘電体線路80を直線状とした時、第2の誘電体線路81の隣接部での曲率半径Rを4mm程度に設定することにより、周波数60GHzでポートb、cの透過率が等しくなる3dBカプラが得られる。

【0108】勿論、このようなカプラでは、誘電体線路80、81を比誘電率が4未満、特に2~3の誘電体で形成することもでき、この場合には、第2の誘電体線路81の隣接部での曲率半径Rを12mm以下とすることが好ましく、特に第1の誘電体線路80は直線状することが良い。

【0109】以上説明したように、比誘電率が一定の範囲にある誘電体によって形成されている非放射性誘電体線路を備えた本発明のモジュールは、種々の構造を取りうる。

【0110】
【実施例】実施例1

50 先ず、誘電体線路として用いるコージェライト質セラミ

ックスを作製した。原料粉末として純度99%のMgO、純度99.7%のAl₂O₃、純度99.4%のSiO₂粉末、純度99.9%のYb₂O₃を用い、これらを焼結体が表1に示す組成となるように秤量し、15時間湿式混合した後、乾燥し、この混合物を大気中で1200°C 2時間仮焼した後、粉碎した。得られた粉末に適量のバインダを加えて造粒し、これを1000 kg/cm²の圧力の下で成形して直径12 mm厚さ8 mmの成形体を得た。この成形体を大気中1200~1550°Cで2時間焼成して磁器を作製し、これらを研磨し、直径5 mm厚さ2.25 mmの誘電体磁器試料を得た。

【0111】これらの試料を用いて誘電体円柱共振器法にて周波数60 GHzにおける比誘電率とQ値を測定*

試料 No.	組成(モル%)			添加物 Yb ₂ O ₃ 換算wt%	比誘電 率 ε _r	Q値 60GHz	焼成温度 (°C)	LSM,LSE モードの差 GHz
	MgO X	Al ₂ O ₃ Y	SiO ₂ Z					
1	5	55	40	10	6.8	520	1450~1550	15
2	10	10	80	10	4.8	1400	1350~1450	13
3	10	30	60	15	5.8	1820	1250~1350	14
4	10	40	50	0.1	5.8	1850	1400~1445	14
5	15	35	50	5	5.6	2121	1350~1445	14
6	17.5	17.5	65	5	4.8	2040	1300~1400	13
7	20	40	40	20	6.6	860	1300~1370	15
8	22.2	22.2	55.6	—	4.7	2810	1435~1445	13
9	22.2	22.2	55.6	0.1	4.8	2910	1425~1440	13
10	22.2	22.2	55.6	1	4.9	2670	1350~1420	13
11	22.2	22.2	55.6	5	4.8	2750	1330~1400	13
12	22.2	22.2	55.6	10	5.0	3010	1330~1370	13
13	22.2	22.2	55.6	15	5.4	2100	1330~1400	14
14	22.2	22.2	55.6	20	5.6	640	1300~1350	14
15	25	17	58	10	5.1	2490	1250~1350	13
16	25	27	48	10	5.6	2770	1250~1350	14
17	25.5	30	44.5	10	5.8	2120	1250~1350	14
18	30	10	60	5	5.2	1500	1250~1350	13
19	30	30	40	5	5.6	2500	1300~1400	14
20	35	20	45	10	6.0	2060	1250~1350	14
21	35	35	30	0.1	5.8	2080	1370~1445	14
22	40	10	50	10	5.8	1990	1250~1350	14
23	40	20	40	20	6.9	510	1200~1300	14
24	40	40	20	10	6.0	1470	1280~1380	14
25	40	50	10	5	7.9	520	1350~1400	15
26	58	10	32	5	7.5	1250	1200~1250	15

*印は本発明の範囲外の試料を示す。

【0114】表1によれば、コーチェライト質セラミックスは、比誘電率が4.7~7.9であり、しかも測定周波数60 GHzでのQ値が、510以上、特には、1000以上と高い値を示すことがわかる。また、焼成温度の範囲もYb含有量が増加するに従って拡大していることが判る。

【0115】さらに、LSMモードとLSEモードの分散特性において、2つのモードの分散曲線が $\beta/\beta_0 = 0$ で13 GHz以上離れていることが判る。

【0116】次に、表1の試料No.12のセラミックス

*し、その結果を表1に示す。

【0112】また、セラミック板からの削り出しで半径3.9 mmの90°の曲線部を有する誘電体線路を作製し、これらの誘電体線路と、平行平板導体として表面を鏡面加工した銅板を用いて図3に示すような非放射性誘電体線路を形成し、比誘電率と誘電体線路の形状により決定されるLSMモードとLSEモードの分散特性において2つのモードの分散曲線が $\beta/\beta_0 = 0$ でどの程度離れているかについて求めた(β は誘電体線路中の伝搬定数、 β_0 は真空中での伝搬定数)。その結果も表1に記載する。

【0113】

【表1】

50 同様の分散曲線を図23に示した。図22の分散曲線で

を用いた非放射性誘電体線路の伝送損失の周波数依存性を図21に示す。半径3.9 mmという急峻な曲線部で、数GHzの周波数範囲にわたって挿入損失が1 dB以下となっている。

【0117】また、試料No.12のセラミックスを用いた非放射性誘電体線路について、LSMモードとLSEモードとの分散曲線を図22に示し、さらに比較のために、比誘電率が2.1のテフロンを用いて上記と同様に誘電体線路が形成された非放射性誘電体線路について、同様の分散曲線を図23に示した。図22の分散曲線で

は、テフロンを用いた図23と比較して、2つのモードの分散曲線が、 $\beta/\beta_0 = 0$ で13GHzと大きく離れていることが判る。このため、LSMモードとLSEモードの結合が起きにくく、このような急峻な曲線部を作製することができるのである。

【0118】実施例2

先ず、Cuから成り、100×100×8mmの2枚の平行平板導体を用意し、下側の平行平板導体の上面に、縦50mm、横20mm、厚さ0.08mmのアセテートフィルムに3つの導体パターン（幅2mm、長さ18mm）を蒸着したものを、図4に示すように接着剤で接着した。

【0119】この後、コーチェライトからなり、高さ2.25mm×幅1mm×長さ100mmの誘電体線路を、前記絶縁性フィルム層を横切るように、下側の平行平板導体上に配置した後、上側の平行平板導体を誘電体線路上面に接着し、図4に示すような本発明の非放射性誘電体線路を作製した。尚、図4では、平行平板導体の全面に絶縁性フィルム層を設けた例であるが、この例では一部に設けることになる。一方、絶縁性フィルム層を貼付しないで、上記と同様にして非放射性誘電体線路を作製した。

【0120】これらの誘電体線路について、ミリ波（数10GHz～数100GHz帯）透過特性について測定した結果を図24に示した。この図より、絶縁性フィルム層を設けた場合と設けていない場合とでは、高周波信号の透過特性が殆ど同じであることが判る。つまり、誘電体線路と平行平板導体の間に絶縁性フィルム層を設けても高周波信号の透過特性が殆ど変わらず、この絶縁性フィルム層に電子部品を搭載できることが判る。

【0121】実施例3

図8の非放射性誘電体線路（以下、NRD線路と略す）を以下のようにして作製した。Cuからなり、100×100×8mmの2枚の平行平板導体を用意し、下側の平行平板導体1の一主面に絶縁層28として、厚さ0.1mmのテフロンフィルムを接着剤により接着した。このテフロンフィルムの表面に、チョークバターン29用のAuを蒸着法で形成した。チョークバターン29の長手方向の両端部には、導線20を半田等で取付け、平行平板導体1に設けたホール21を通じて外部に接続するように構成した。また、絶縁を保持するために、導線20をテフロンチューブに通して使用した。

【0122】次いで、コーチェライトからなり、高さ2.25mm×幅1mmの誘電体線路2を、チョークバターン29の中央部を横切るように配置し、接着した。このとき、チョークバターン29の中央部で誘電体線路2を2本に分けて形成することにより、チョークバターン29の中央部に半導体素子27取付用の誘電体基板25を配置し、電極30を導電性接着剤を用いてチョークバターン29に接続した。

【0123】半導体素子27として、NRD誘電体線路にスイッチング機能を付与するためにビームリード型PINダイオードを用いた。

【0124】そして、図6、7の従来品を、コーチェライトからなる誘電体線路2及び誘電体基板15、Auからなるチョークバターン16及びアンテナバターン17、ビームリード型PINダイオードを用いてNRD線路を作製し、ミリ波（数10～数100GHz帯）透過特性について、上記本発明のものと比較したグラフを図25に示す。約60GHz以上では、チョークバターンにより高周波信号の外部への漏れが阻止されているが、従来品は誘電体基板15が高周波信号の導波路として作用し電磁波が外部に漏れ、ミリ波透過特性が劣化した。

【0125】実施例4

図9のNRD線路を以下のようにして作製した。Cuからなり、100×100×8mmの2枚の平行平板導体を用意した。

【0126】次に、誘電体板45、46の材料として厚さ0.3mmのテフロンシートを用い、図10に示すように信号入出力器40を形成した。つまり、先ず、誘電体板46にアンテナバターン47、チョークバターン48を金を蒸着して形成した。

【0127】また、これらと同時にチョークバターン48に接続する表面電極50を、誘電体板46の上面に形成した。

【0128】半導体素子49として高周波用のビームリード型PINダイオードを使用し、誘電体板46のアンテナバターン47の間に導電性接着剤を用いて接着した。

【0129】他方の誘電体板45にはこのダイオードに合わせた大きさの凹部51を作成し、この誘電体板45とダイオードを取り付けた誘電体板46とを接着剤によって張り付けた。

【0130】この後、コーチェライトからなり、高さ2.25mm×幅1mmの誘電体線路2を下側の平行平板導体1上に配置するとともに、信号入出力器40を、誘電体線路2がチョークバターン48の中央部を横切るように誘電体線路2の途中に接着した。

【0131】そして、誘電体板46の上面に形成された表面電極50にテフロンチューブで被覆した導体を接続し、上側の平行平板導体1に、表面電極50に対応するように貫通孔を形成し、この導体を貫通孔に通した。

【0132】一方、図6の従来品を、コーチェライトから成る誘電体線路及び誘電体基板、Auから成るチョークバターン及びアンテナバターン、ビームリード型PINダイオードを用いて作製し、ミリ波（数10～数100GHz帯）透過特性について、上記本発明のものと比較したグラフを図26に示す。このグラフより、本発明のNRD線路では、高周波信号の透過特性が良好な周波数帯域幅を従来品よりも拡大できることが判る。

【0133】実施例5

Cuからなる縦100×横100×厚み8mmの2枚の平行平板導体を用意し、これらの平行平板導体の間に、コーチェライトからなる高さ2.25mm×巾1mm×長さ30mmの誘電体線路2を配置し、図13のNRD線路を以下のようにして作製した（尚、誘電体線路2の終端部にのみ電波吸収体を設けた）。

【0134】終端用誘電体線路片75は誘電体線路2と同じ材質、断面形状を持つもので、長さは16mmとし、図15のように両側の側面の上端部及び下端部にカーボン含有ペーストからなる抵抗体材料のペーストを塗布、乾燥させて電波吸収体71のパターンを形成した。電波吸収体71の長さは終端用誘電体線路片75と同じ16mmで、誘電体線路2に近い部位8mmをテーパ部71aとし、帯状部71bの幅は0.8mmとした。

【0135】一方、図12(a)の終端器60を有する従来のNRD線路を、上記と同様の材料を用いて作製した。この際、終端用誘電体線路片の長さが16mmと20mmの2種類の非放射性誘電体線路を作製した。電波吸収体の長さは終端用誘電体線路片の長さと同じ16mmと20mmとし、テーパ部はその半分の8.10mmとした。

【0136】本発明と従来のNRD線路について、ミリ波（数10～数100GHz帯）反射特性をヒューレットパッカード社製〔8757C〕により測定し、その結果を図27に示した。

【0137】この図27から、本発明品は従来品に比べ、電波吸収体の長さを短くした場合でも反射率が小さくなり、良好な終端器特性を有することが判る。

【0138】また、終端用誘電体線路片の長さを10mmとして、上記と同様に図12(a)の終端器を作製し、この終端器の側面に上記と同様の電波吸収体71（長さは10mm）を貼り付けた。この終端器を誘電体線路2に取り付けたNRD線路について反射特性を測定し、図28に示した。この結果から、電波吸収体71を側面に設けた場合には、その長さが半分となった場合でも、反射率が小さくなり、良好な減衰特性を示すことが判る。

【0139】実施例6

Cuからなる縦100×横100×厚み8mmの2枚の平行平板導体を用意し、これらの平行平板導体の間に、コーチェライトからなる高さ2.25mm×巾1mmの直線状の第1誘電体線路及び曲線状の第2誘電体線路を配置し、図17の非対称カプラを以下のようにして作製した。この実施例では、60GHzでポートbとポートcに高周波信号が等分配されるカプラを作製した場合について示す。

【0140】直線状の第1誘電体線路は長さ80mmのものを使用し、その両端を変換器を介して測定用の導波管に接続した。また、曲線状の第2誘電体線路は曲率半

径3.9mmの180°ベンド（半円形状）を使用し、その両端に直線状誘電体線路を接続し、変換器を介して測定用の導波管に接続した。

【0141】直線状の第1誘電体線路と曲線状の第2誘電体線路の間隔は、60GHzで透過率が極値を持つように実験的に1.4mmと決定した。また、比較のため、従来のカプラとして、曲率半径12.7mmの180°ベンドを2つ使用した対称カプラも作製した。

【0142】本発明と従来のカプラについて、ミリ波（数10～数100GHz帯）透過特性をヒューレットパッカード社製のネットワークアナライザ〔8757C〕により測定し、本発明のカプラの結果を図29、30に、従来のカプラの結果を図31に記載した。尚、図の縦軸の透過率には前記した変換器の損失が含まれているため、実際のカプラのみの透過率はこの値よりも1dB程度大きくなる。

【0143】図29、30から、本発明のカプラは59～61.5GHz程度の広い周波数範囲に渡ってポートbとポートcにほぼ等しい高周波信号が分配され、広帯域であることが判る。これに対して、従来のカプラでは、ポートbとポートcの透過率が等しくなるのは、60～60.5GHz程度のごく狭い周波数範囲にとどまっていることが判る。

【0144】
【発明の効果】以上詳述したように、本発明の誘電体線路モジュールでは、誘電体線路を、比誘電率が4.5～8のセラミックスから構成することにより、比誘電率がテフロンなどの樹脂材料よりも高く、アルミナよりも低くなり、LSMモードの電磁波のLSEモードへの変換を少なくすることができる。また、使用周波数(60GHz)でのQ値が1000以上のコーチェライト質セラミックスを用いることにより、伝送損失が少なく、かつ安価で高精度に作製することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の非放射性誘電体線路モジュールを追突防止用レーダに用いた例を示す基本構造を示す図である。

【図2】誘電体線路モジュールの基本的な構造を示す斜視図である。

【図3】誘電体線路モジュールの基本的な構造を示す斜視図である。

【図4】図2のモジュールの平行平板導体上に絶縁性フィルム層を設けた例の基本的な構造を示す斜視図である。

【図5】図4のモジュールの具体的な構造を示す斜視図である。

【図6】図2のモジュールの誘電体線路の途中に信号入出力器を設けた例の基本的な構造を示す斜視図である。

【図7】図6の信号入出力器のバターン面を示す基本的な構造を示す斜視図である。

【図8】信号入出力器におけるチョークバターンを平行平板導体上に形成したモジュールの基本的構造を示す斜視図である。

【図9】各バターンや半導体素子が内蔵されている信号入出力器が設けられたモジュールの基本的構造を示す斜視図である。

【図10】図9の信号入出力器の分解斜視図である。

【図11】終端器及び減衰器を備えた誘電体線路の基本的構造を示す斜視図である。

【図12】図11の終端器及び減衰器を示す分解斜視図である。

【図13】電波吸収体が側面に設けられている誘電体線路の斜視図である。

【図14】図13の誘電体線路の減衰部の拡大斜視図(a)及び分解斜視図(b)である。

【図15】図13の誘電体線路の終端部の拡大斜視図(a)及び分解斜視図(b)である。

【図16】2本の誘電体線路の結合構造(カプラ)の代表例を示す平面図である。

【図17】2本の誘電体線路の結合構造(カプラ)の代表例を示す平面図である。

【図18】従来用いられている対称型カプラにおける周波数と透過率との関係を示す図である。

【図19】従来用いられている非対称型カプラにおける周波数と透過率との関係を示す図である。

【図20】本発明で特に好適に使用されるカプラにおける周波数と透過率との関係を示す図である。

【図21】実施例1の試料No.12の誘電体線路を用いて形成された非放射性誘電体線路について、曲線部の伝送損失の周波数依存性を示す図である。

【図22】試料No.12の誘電体線路を用いて形成されている誘電体線路におけるLSMモードと、LSEモードとの分散曲線を示す図である。

【図23】比誘電率が2.1のテプロンにより誘電体線路が形成された非放射性誘電体線路のLSMモードとL*

* S Eモードとの分散曲線を示す図である。

【図24】実施例2において作製された絶縁性フィルム層を平行平板導体表面を有する非放射性誘電体線路及び絶縁性フィルム層が形成されていない誘電体線路の透過損失を示す図である。

【図25】実施例3において作製された図8及び図6に相当する電磁波非放射性の誘電体線路のミリ波透過特性を比較したグラフである。

【図26】実施例4において作製された図9及び図6に相当する電磁波非放射性の誘電体線路のミリ波透過特性を比較したグラフである。

【図27】実施例5において作製された図15の終端構造を有する誘電体線路と図12(a)の終端器を備えた誘電体線路の反射特性を示す図である。

【図28】実施例5において作製された図12(a)で示す終端器の側面に電波吸収体を設けた誘電体線路についての反射特性を示す図である。

【図29】実施例6において、本発明に従って作製されたカプラのミリ波透過特性を示す図である。

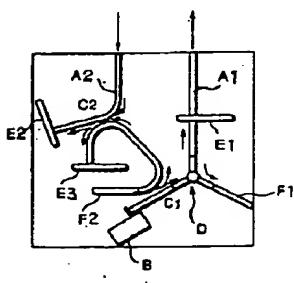
【図30】図29の一部を拡大して示すミリ波透過特性を示す図である。

【図31】実施例6において、従来法に従って作製されたカプラのミリ波透過特性を示す図である。

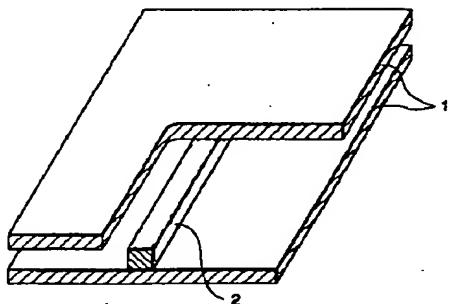
【符号の説明】

- 1 ··· 平行平板導体
- 2、80、81 ··· 誘電体線路
- 10 ··· 発振器
- 5 ··· 絶縁性フィルム層
- 26 ··· アンテナバターン
- 30 27 ··· 半導体素子
- 29 ··· チョークバターン
- 28 ··· 絶縁層
- 11、40 ··· 信号入出力器
- 71 ··· 電波吸収体

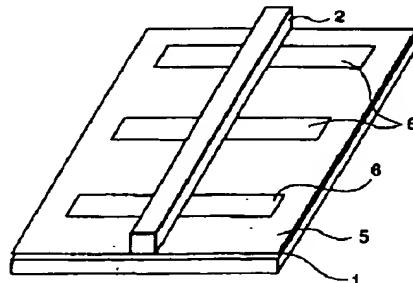
【図1】



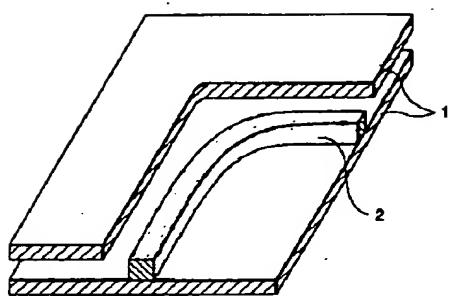
【図2】



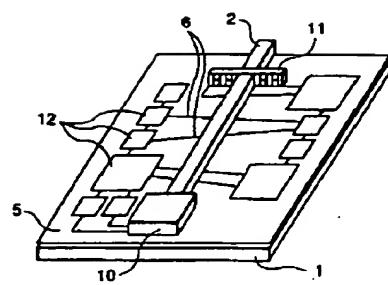
【図4】



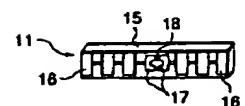
【図3】



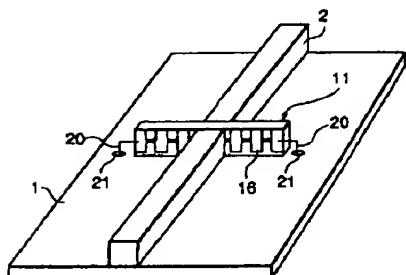
【図5】



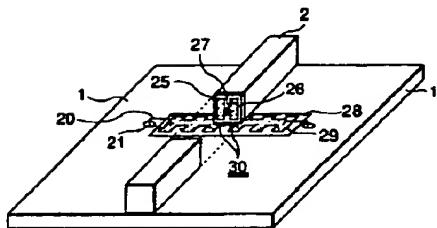
【図7】



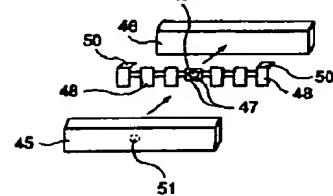
【図6】



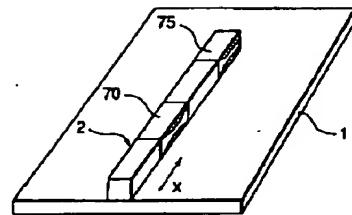
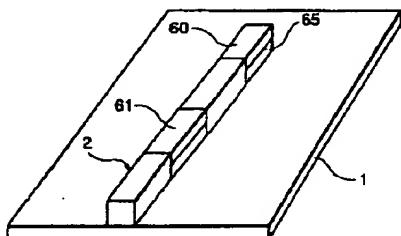
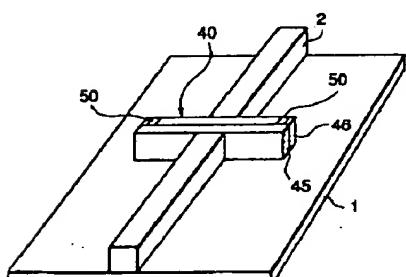
【図8】



【図10】



【図9】

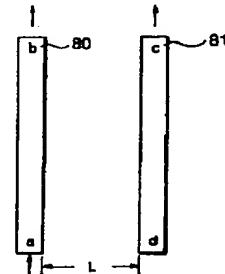
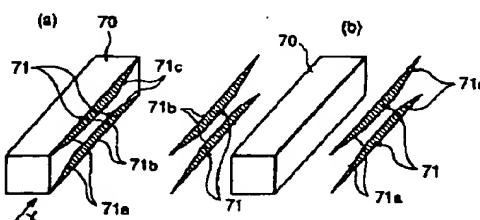
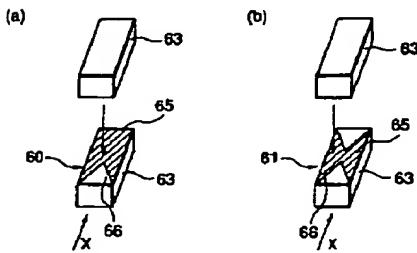


【図13】

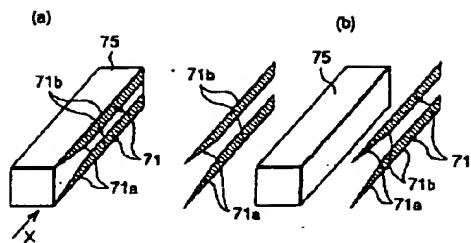
【図11】

【図14】

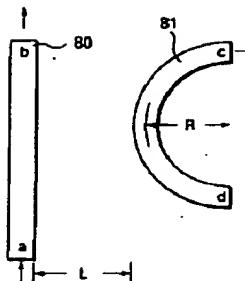
【図12】



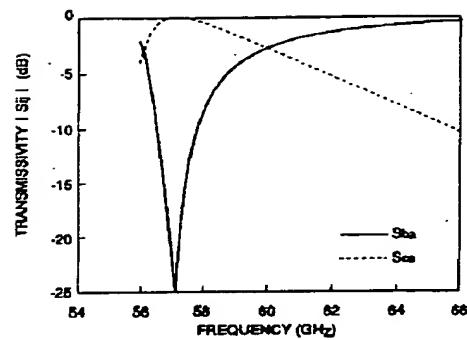
【図15】



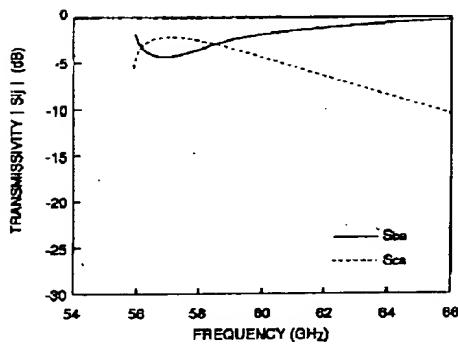
【図17】



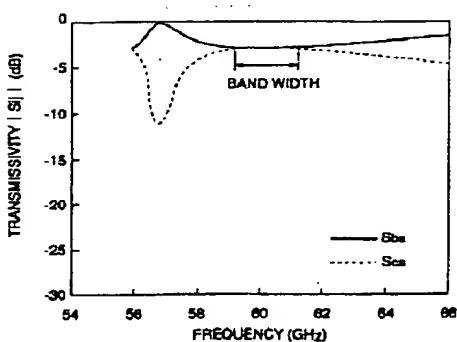
【図18】



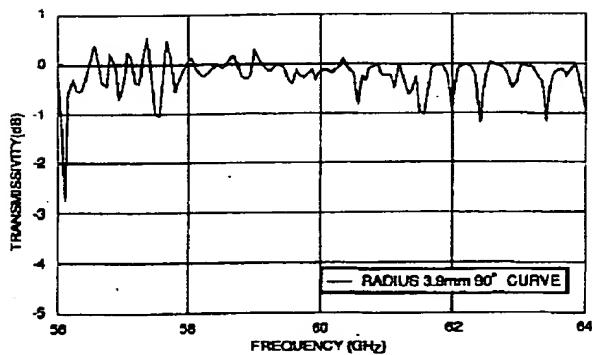
【図19】



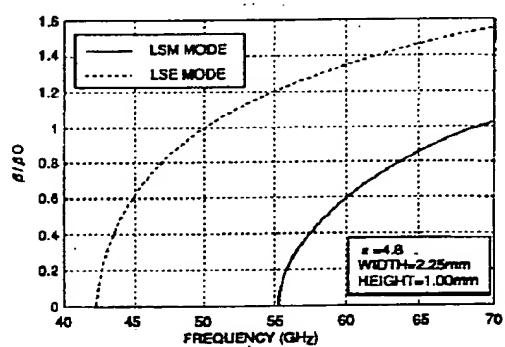
【図20】



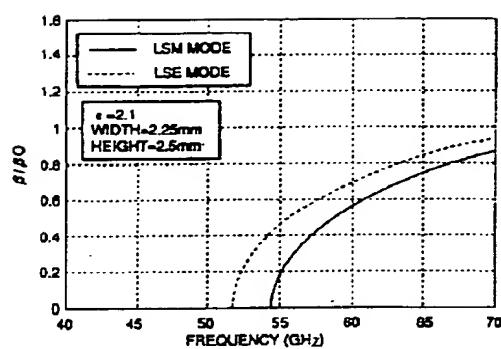
【図21】



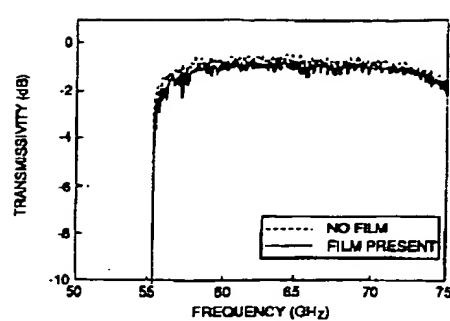
【図22】



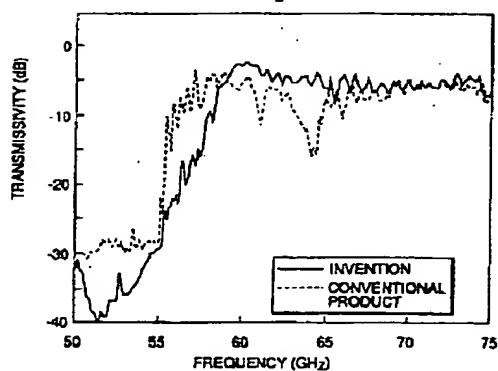
【図23】



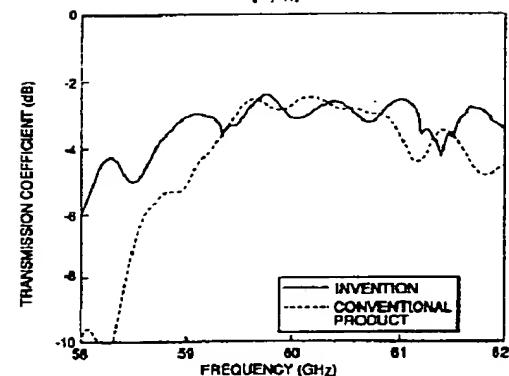
【図24】



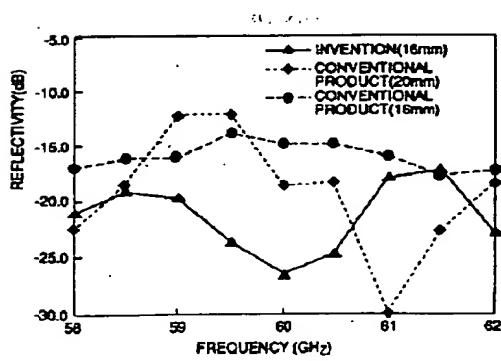
【図25】



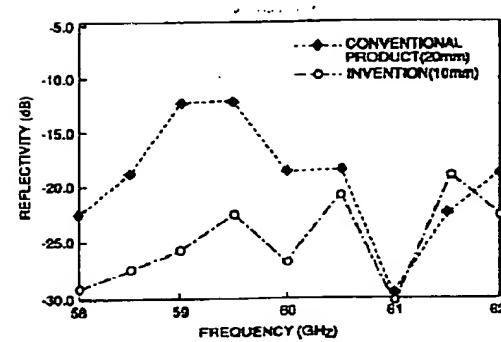
【図26】



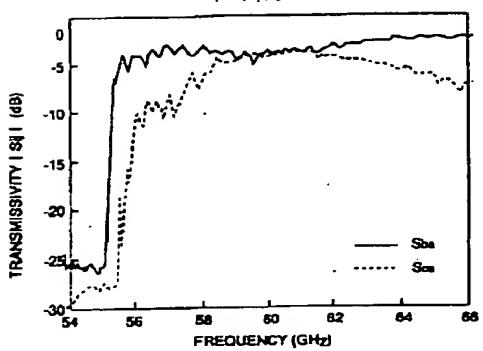
【図27】



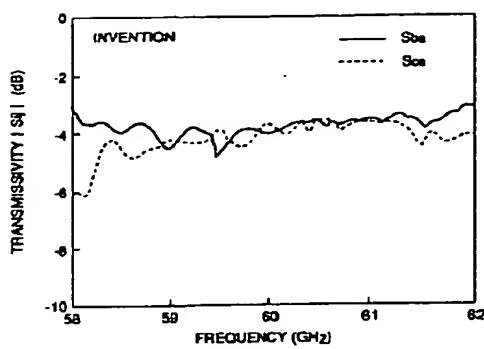
【図28】



[図29]



[図30]



[図31]

